

## UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENÍERIA INDUSTRIAL

Ing. Martin Mayori Machicado RECTOR a.i.
Ing. Felix Manzaneda Delgado VICERRECTOR a.i.

Ing. Alberto Arce Tejada SECRETARIO GENERAL Ing. Freddy Gutierrez Barea DECANO INGENIERÍA a.i.

Ing. Marcos Montesinos VICE DECANO INGENIERÍA a.i.

Ing. Franz Zenteno Benitez DIRECTOR INGENIERÍA INDUSTRIAL

REVISȚA INDUSTRIAL 4.0

EDICIÓN DIGITAL Nº 1 NOVIEMBRE 2020

#### COMITE EDITOR

Ing. Monica Lino

Ing. Mario Zenteno Benitez

Ing. Oswaldo Terán Modregon

## DISEÑO VERSIÓN IMPRESA & WEB

Ing. Enrique Orosco Crespo

## **WEB**

http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0

#### **EMAIL**

revistaindustrial4.0@umsa.bo

## DIRECCION CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Av. Mcal. Santa Cruz Nº 1175 Plaza Obelisco Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería industrial.umsa.bo ingeindustrial@umsa.bo ingeindustrialumsa@gmail.com

### **TELEFONOS**

2205000 - 2205067 int. 1402

La Paz - Bolivia

# BENEFICIOS DE LA CÁSCARA DE CAFÉ (SULTANA) Y SUS POTENCIALIDADES DE APROVECHAMIENTO

Tania A. Terán Mita, ORCID: 0000-0003-4301-670X Instituto de Investigaciones Industriales, Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés tateran@umsa.bo

Casto Maldonado Fuentes, ORCID: 0000-0001-9540-0362

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés casmaf@gmail.com

Recibido: 30 de julio de 2020; Aprobado: 21 de septiembre de 2020

## 1. Resumen

En Bolivia, el Departamento de La Paz es el mayor productor de café, la mayor superficie de producción corresponde al municipio de Caranavi. El tipo de residuo generado, dependerá del método empleado para la obtención del grano de café. La pulpa (cáscara) es la parte más voluminosa de los residuos, representa entre el 40 - 56% en peso y es considerada como un subproducto que puede ocasionar graves problemas ambientales. En Bolivia la cásara de café es consumido de forma habitual como una infusión "sultana". En éste sentido, a través de un trabajo colaborativo entre Institutos de Investigación de Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), la presente investigación pretende mostrar los beneficios y potencialidades de la cáscara de café, a través de una análisis comparativo de sus principales parámetros nutricionales para visibilizar alternativas factibles de aprovechamiento y la posible generación de subproductos con valor agregado y comercial, desde una perspectiva de economía circular y de desarrollo sustentable. Se analizaron parámetros básicos (Cenizas, Valor Energético, Proteínas, Carbohidratos Totales, Grasa Total, Fibra Total, Grasa Total, Ácido Ascórbico, Calcio, Hierro y Cafeína), tanto en cáscara seca (sólida), como en extracto líquido de la cáscara de café. La medición de los parámetros se realizó en el Instituto SELADIS de la UMSA. Los resultados obtenidos reflejan posibles e importantes potencialidades

Carrera de Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería Universidad Mayor de San Andrés aprovechamiento de la cáscara del café, abriendo nuevos desafíos para futuras y nuevas investigaciones.

## 2. Palabras clave

Cáscara de café, sultana, aprovechamiento.

## 3. Introducción

El café es producido aproximadamente en 70 países alrededor del mundo, el 80% de su producción se concentra en 10 países: Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia, México, India, Etiopía, Honduras, Guatemala y Perú, estos países se han caracterizado por ser exportadores, aunque a su vez incorporan una parte de su producción al consumo interno, constituyéndose en una importante actividad generadora de ingresos y empleo. Considerando la producción de algunos de éstos países como Brasil con un 32,6%, Vietnam 19,1%, Colombia 7,7%, Perú con 4,1%, Bolivia tiene una producción muy baja que alcanza al 0,07% (MDRyT, 2019).

En Bolivia, de acuerdo al Censo Nacional del Café, el Departamento de La Paz cuenta con 34.816 ha de plantaciones de café, el 74% de la superficie en producción corresponde al municipio de Caranavi, con 25.834 ha, con un promedio de producción en el departamento de 391 kg/ha (MDRyT, 2013).

El café es un cultivo estacional, por la ubicación geográfica de los países, los periodos de producción varían de un país a otro y empiezan en momentos diferentes a lo largo del año. En Bolivia la cosecha se extiende de abril (zonas bajas) hasta septiembre (zonas altas). En este sentido, la Organización Internacional del Café (OIC) ha dividido la producción de café en cuatro grupos, sobre la base del tipo predominante de café producido por cada país miembro, estando Bolivia en el grupo 2, catalogado como otros *arábicas suaves*, por el tipo de proceso en la etapa de beneficiado, que aplica la vía húmeda (despulpado, fermentado, lavado y secado) para la obtención del grano.

La producción de café en Bolivia ha mostrado importantes variaciones entre el periodo 1990 al 2000, donde las exportaciones alcanzan a un promedio de 100.680 sacos de 60 kg, generando ingresos de 18 millones de dólares, en el periodo 2001 al 2009, las exportaciones promedio, fueron de 75.000 sacos de 60 kg de café verde oro generando 10,87 millones de dólares, en el periodo 2010 a 2016 bajan

Carrera de Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería Universidad Mayor de San Andrés considerablemente los volúmenes a un promedio de 57.420 sacos de 60 kg de café verde oro y la generación de divisas a 11,87 millones de dólares, generando todavía ingresos importantes por efecto de la estrategia de los productores de acceder a comercio justo y orgánico principalmente (MDRyT, 2019).

En el proceso productivo del café se generan toneladas de biomasa residual por año, en la variedad Castillo la pulpa representa un promedio de 38,79% y la variedad Colombia un 37,23% (Muñoz y Noguera, 2016).

Existen dos métodos básicos de procesado de la cereza de café que varían en su complejidad y calidad del producto final, nombrados método húmedo y método seco (Murthy y Madhava, 2012). En este sentido, el método húmedo (aplicado en Bolivia) es más complejo y comúnmente es usado para granos de café *arábica*, mientras que el método seco es usado por lo general para café robusta (o café *canephora*) (Mussatto *et al.*, 2011b). Una vez obtenido el grano de café ya sea por método húmedo o seco, el cual aún es verde, el siguiente paso es el tostado, finalmente éste es molido y empaquetado para su distribución (Mussatto *et al.*, 2011b).

Dependiendo del método empleado para la obtención del grano de café, será el tipo de residuo liberado (Esquivel y Jiménez, 2012). Si el procesado es realizado en seco los principales residuos generados son la piel, la pulpa, el mucilago y cascarilla, juntos en una misma fracción llamada cascara de café o cascarilla de café (Ver Figura 1). Mientras que el procesado en húmedo permite la recuperación de la piel y la pulpa en una sola fracción, el mucilago y azucares solubles en una segunda fracción, y la cascarilla en una tercera fracción. De los varios residuos del procesado del café, la pulpa de café es el que se genera en mayor cantidad (43 %, en procesado en húmedo), por el residuo principal de método húmedo es llamado pulpa de café (Mussatto *et al.*, 2011b).

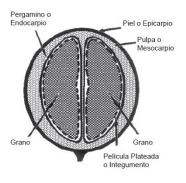


Figura 1: Partes constituyentes del Grano de Café (Sánchez, D.; Anzola C., 2012)

En general, en éstos residuos se pueden encontrar compuestos bioactivos como son proteínas y azúcares, que pueden causar fermentación de los cuerpos de agua. Así también se pueden encontrar taninos, alcaloides y polifenoles que son de difícil degradación biológica (Serna *et.al*,, 2018), requiriendo de semanas a meses de la acción microbiana nativa para su degradación parcial, por lo que pude acumularse e incrementar los problemas de contaminación.

En la mayoría de los países productores de café, los residuos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de inventar métodos de utilizarlos como materia prima para la producción de piensos, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pécticos, proteína, y abono. El uso de la pulpa de café fresca o procesada ha sido tema de muchos estudios en los que, en general, se llega a la conclusión de que los residuos y sub-productos del café pueden usarse de varias maneras (Rathinavelu y Graziosi, 2005)

Concretamente en los Yungas de La Paz, con el objetivo de reducir el impacto ambiental a causa de la contaminación por la cascara, a consecuencia del despulpado así como de las aguas mieles producto del lavado, se han ido implementando infraestructura y desarrollado practicas destinadas a mitigar la misma como es el caso de elaboración de abonos sólidos y líquidos. También aunque en pequeña escala siempre ha existido la costumbre de consumir la cascara de café deshidratada (denominada en el medio, como sultana), en infusión como un té, con diferentes propósitos (medicinal o aromático), habiéndose extendido está a los principales centros de consumo, siendo aún bajo el porcentaje de aprovechamiento por la escasa información que se tiene del producto.

La Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), en su Facultad de Agronomía, específicamente en dependencias de la Estación Experimental de Sapecho, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales (IIAREN), se cuenta con un germoplasma de cultivares de café de las especies *Coffea arabica* (15 cultivares: Mundo Novo, Caturra, Catuai, IPR 98, IAPAR 59, Catucai, Icatu Precoz, CEPAC 4, Tupi, Paraiso, Castillo, Amboro 1, Amboro 2, IPR 102 e IPR 107) y *Coffea cannephora* (1 cultivar: Robusta). Asimismo, la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, a través de su Instituto de Investigaciones Industriales (IIIFI) ha encarado nuevas investigaciones que permitan visibilizar alternativas factibles

para el aprovechamiento de éstos residuos.

En éste sentido, a través de un trabajo colaborativo entre el IIIFI y el IIAREN, la presente investigación pretende mostrar los beneficios y potencialidades de la pulpa de café (citado en éste documento como cascara de café), llamada en nuestro medio como "sultana", a través de una análisis comparativo de sus principales parámetros nutricionales para visibilizar alternativas factibles para el aprovechamiento y la posible generación de subproductos con valor agregado y comercial, con miras al potenciamiento de los productores de café, la diversificación de productos del sector y finalmente, desde una perspectiva de economía circular y de desarrollo sustentable, creando mecanismos viables para la disminución y/o eliminación de los residuos del café.

# 4. Desarrollo Metodológico

La investigación se basa en muestras de cáscara de café (considerado como residuo) proveniente del norte amazónico del Departamento de La Paz.

# 4.1. Material vegetal

Las muestras de material vegetal (cáscara de café), proviene del germoplasma de café de la Estación Experimental de Sapecho, ubicada en el en la provincia Sud Yungas, municipio de Palos Blancos, departamento de La Paz, a una altitud de 450 m.s.n.m., específicamente de los cultivares Catuai, IPR 98, IAPAR 59, Catucai, Icatu Precoz, CEPAC 4, Tupi, Paraiso y Castillo, que fueron secados al sol una vez realizado el proceso de despulpado; consiste en una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg de cascara de café.

#### 4.2. Análisis en laboratorio

Para realizar un análisis comparativo, la medición se hizo en dos estados: a) en cáscara seca (sólida); b) en extracto de la cáscara de café (25 g cascarilla/100 ml de disolvente agua).

Se midieron los siguientes parámetros básicos en a) y b): Cenizas (por el método de Gravimetría), Valor Energético (con él método de cálculo matemático), Proteínas (por

Carrera de Ingeniería Industrial Facultad de Ingeniería Universidad Mayor de San Andrés el método de Kjeldhal), Carbohidratos Totales (por el método de Fehling), Grasa Total (por el método de Barshall), Fibra Total, (por el método de Hidrólisis Ácido Base), Grasa Total (por el método de Volumetría), Ácido Ascórbico (por el método de Volumetría), Hierro (por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica) y Cafeína (por el método de gravimetría). Adicionalmente, en la cáscara seca (sólida) se midieron la Materia Orgánica (por el método de Volumetría) y Humedad (por el método de Gravimetría); y en el extracto de la cáscara de café se midió sólidos totales (por el método de Gravimetría).

La medición de los parámetros se realizó en el Instituto de Servicios de Laboratorio de Diagnóstico e Investigación en Salud (SELADIS) (dependiente de la UMSA).

# 5. Análisis y evaluación de los resultados obtenidos

# 5.1. Análisis de parámetros experimentales

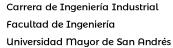
Los resultados de los análisis en cascara seca y en extracto de la cáscara de café (25 g cascara/100 ml de disolvente agua), se muestran en el Cuadro N° 1.

Cuadro 1. Resultado de los parámetros analizados

Parámetro	Valor en cáscara seca (sólida)	Valor en extracto de la cáscara (líquido)	% de Retención en el extracto
Materia Orgánica (%)	87,64	SM	
Solidos Totales (g %)	SM	7,07	
Humedad (g %)	14,46	SM	
Cenizas (g %)	12,36	2,33	18,85
Valor energético (Kcal/100g)	95,76	52,93	55,27
Proteínas (g %)	13,82	11,58	83,79
Carbohidratos Totales (g %)	10,03	NSD	0,00
Grasa Total (g %)*	0,04*	0,51*	
Fibra Total (g %)	35,76	1,06	2,96
Ácido Ascórbico (mg/100g)	15,31	2,26	14,76
Calcio (mg/100g)	1670,51	404,02	24,19
Cafeína (en base húmeda) (g/100g)	0,70	0,30	42,86
Hierro (mg/100g)	297,54	195,00	65,54

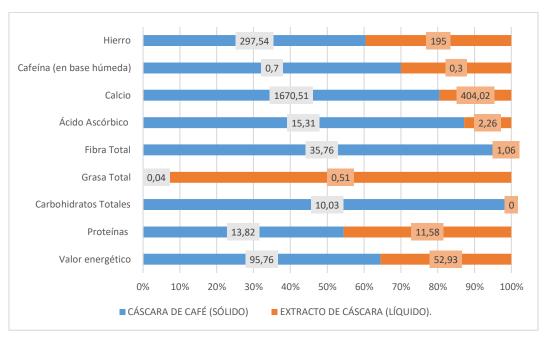
**Fuente:** Elaboración con base en resultados proporcionados por el Instituto SELADIS SM: Sin medición; NSD: No Se Detecta

Para realizar una evaluación más específica sobre los parámetros medidos, se realizarán análisis de cada parámetro aplicando una metodología fundamentalmente comparativa.



<sup>\*</sup> No se observó un porcentaje de retención, se presentó un efecto de concentración.

La Figura 1, muestra una comparación porcentual de los valores medidos en la cáscara de café (sólido) y el extracto de sultana.



**Figura 1:** Comparación porcentual de parámetros medidos en cascara de café (sólido) y su extracto (líquido).

La Figura 1, de manera general, ilustra el grado o porcentaje de retención de los diferentes parámetros analizados en el extracto líquido de cascara de café, respecto a los resultados obtenidos en cascará seca sólida. Independientemente a los valores de la Grasa Total (donde no se observó un porcentaje de retención, más bien se presentó un efecto de concentración); los demás parámetros muestran algún grado de retención en el extracto líquido (excepto los Carbohidratos Totales), mismos que serán analizados adelante.

Para fines comparativos, además de otras referencias bibliográficas, se utilizará los valores recopilados por López (2014), Brahan y Bressani (1978) y mostrados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química referencial

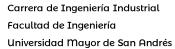
Parámetro	Valores (López, 2014)	Valores (Brahan y Bressani, 1978)	Valores (Figueroa- Hernández, <i>et.</i> <i>al</i> , 2017)
Cenizas (g %)		8,3	
Proteínas (g %)	$11,50 \pm 2,0$	11,2	12,0
Grasa Total (g %)*	$2,0 \pm 2,6$		
Fibra Total (g %)	$60,5 \pm 2,9$	21,0	21,0
Carbohidratos Totales (g %)			44,0
Calcio (mg/100g)		554,0	
Cafeína (g/100g)	1,5 ± 1.0	1,3	1,25
Hierro (mg/100g)		15	

Fuente: Elaboración con base en recopilación de López (2014), Brahan y Bressani (1978)

## Cenizas

El análisis de cenizas se realizó fundamentalmente para determinar las cualidades organolépticas y nutricionales de la cascarilla de café (su medición está incluida dentro del Análisis Químico Proximal de los alimentos). El objetivo principal de la determinación de las cenizas, es determinar el residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica en un alimento; aunque es importante señalar que las cenizas no contienen las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización y por las interacciones químicas entre los constituyentes; sin embargo, podría decirse que representa al conjunto de minerales que no arden ni se evaporan.

Los resultados obtenidos, muestran un valor muy superior de cenizas en la cáscara seca, llegando a ser superior al dato establecido por Brahan y Bressani (1978) y similar al valor de cenizas de la cascara de arroz (Fonseca, 2011). Al respecto, se vislumbra algunas pautas sobre el importante contenido de minerales (en el componente inorgánico) de las variedades de café utilizadas en la presente



investigación. Aunque el valor de las cenizas en el extracto líquido se reduce a aproximadamente a un 19% (respecto a la cáscara seca); no deja de ser una valor importante, más cuando un alimento esencial como la almendra presenta un valor de cenizas aproximada a 1,7 g% (Gómez, 2004).

## Valor Energético

El valor energético de una sustancia es proporcional a la cantidad de energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno, en otras palabras, se trataría de la cantidad de calorías que proporciona cuando metaboliza en el organismo. Concretamente, los resultados mostrados en el Cuadro 1, se refleja un importante valor energético en la cascarilla de café seca, comparable incluso con algunos alimentos esenciales como el maíz en mazorca (crudo) que tiene un valor energético de 96 (Kcal/100g), o con algunas frutas como el plátano (90 Kcal/100g) (Jiménez, Cervera y Bacardí, 2012).

Realizando una comparación cuantitativa de las dos matrices de análisis, se observa que el valor energético del extracto de la cascarilla de café disminuye en 45%. Sin embargo, pese a la disminución presentada, el valor energético del extracto de la cascarilla de café (en la relación 1:4 de cascarilla: agua) es comparable con la composición de bebidas energéticas de alto consumo (p.ej. red bull tiene 45 Kcal/100 g), o bebidas de consumo masivo (p.ej. jugo de manzana en lata o botella 46 Kcal/100 g), ya que presentan niveles de valor energético muy similares (Terán, 2020).

## Proteínas

Según Serna *et.al.* (2018), la pulpa de café está compuesta por proteína (7.5–15.0 g%), incluso los autores citados en el Cuadro 2 obtuvieron valores en éste rango (11,5 g%; 11,2 g% y 12,0 g%); al respecto, se puede evidenciar que el porcentaje de proteína obtenido (13,8 g%) (solamente de la cascara de café), se encuentra en el rango establecido por éstos autores, llegándose incluso a señalar que la cascara de café puede usarse como materia prima para nuevos procesos, a través de la extracción de éste componente, entre otros. Sin embargo, es importante señalar que la calidad de la proteína variará dependiendo del número y de la cantidad de aminoácidos esenciales que aporte. Para efectos comparativos (sin un análisis de la calidad de aminoácidos), el resultado obtenido en la cáscara seca (13,82 g%), es comparable con algunas cereales como la avena (11,72 g%) o la quinua (16.5 g%).

Asimismo, se puede evidenciar que el porcentaje de proteína retenido en el extracto líquido bordea el 84%, una importante retención para efectos de análisis de los valores proteínicos (en términos de aminoácidos o valor biológico) en una infusión convencional de cáscara de café (sultana). El importante resultado obtenido (11,58%) es equiparable a algunas bebidas de vegetales (como la leche de soja que puede llegar a bordear los 12 g%).

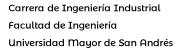
## Carbohidratos Totales, Grasa Total y Fibra Total

Los carbohidratos y las grasas, además de las proteínas representan a los micronutrientes básicos necesarios para la vida; los carbohidratos comprenden una extensa gama de azúcares, almidones y fibra. El resultado de carbohidratos totales obtenidos en la cáscara de café (10,03 g %) es inferior al valor establecido por Figueroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., Godínez-Montoya, L. (2017) en un orden de cuatro veces; es de destacar que los carbohidratos desaparecen en el extracto líquido. El resultado obtenido sobre Grasa Total (0,04 g %), se encuentra muy por debajo del resultado considerado como referencial (2,0 g %); no ocurre lo mismo con los valores obtenidos para la Fibra Total que muestra un importante valor (35,76 g %) comparable con los datos bibliográficos de referencia, siendo una potencial fuente dietaria, aunque se reduzca en un 97% en el extracto líquido.

# Ácido Ascórbico, Calcio y Hierro

El ácido ascórbico (vitamina C), es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en ciertos alimentos, actuando como antioxidante; al respecto, algunos investigadores demostraron que tanto los posos de café como la cascarilla presentan una elevada actividad prebiótica y una actividad antioxidante muy elevada. Los resultados obtenidos en la cáscara sólida de café, muestran una concentración importante de Ácido Ascórbico (15,31 mg/100g) comparable con el contenido de vitamina C de algunas frutas como el membrillo (15,0 mg/100g); sin embargo, es tres a cuatro veces menor que el contenido de ésta vitamina en los cítricos más importantes como el limón y la naranja (50,0 mg/100g) (Valero, *et al.* 2018). Sin embargo, ocurre una disminución drástica de contenido de ácido ascórbico en el extracto líquido de la cáscara de café, llegando a retener solamente el 14,8 % de la concentración en cascará de café, aunque ésta concentración no deja de ser un valor importante respecto al contenido de ácido ascórbico en bebidas comunes.

El Calcio es un mineral elemental para la vida, los resultados obtenidos respecto a



éste mineral son cuantitativamente altos (1670,5 mg/100g), si se compara con los valores referenciales del Cuadro 2 (554,0 mg/100g), e incluso con alimentos de origen vegetal de alto valor de calcio como el sésamo (670 mg/100g) (Valero, et al. 2018); aunque, su retención en el extracto líquido es solamente el 24%, éste contenido de calcio es también relevante a la hora de comparar con bebidas ricas en calcio (p.ej. la leche).

El hierro como un microelemento esencial, también está presente en la cáscara del café con un valor considerablemente alto (297,54 mg/100g), respecto a los valores referenciales mostrados en el Cuadro 2 (15,0 mg/100g), también respecto al contenido de hierro en alimentos de origen vegetal como la espinaca (4,0 mg/100g), es también importante destacar que tiene una buena retención en el extracto líquido (65,5%).

#### Cafeína

El valor de cafeína obtenido en la cascarilla de café (0,70 g/m), representa casi la mitad del promedio de los valores referenciales del Cuadro 2; éste simple análisis comparativo vislumbra ciertas ventajas, ya que algunos autores como Brahan y Bressani (1978), señalan que la cafeína ha sido identificada como uno de los componentes de la pulpa de café responsable de algunos de los efectos físicos adversos observados en nutrición animal; asimismo, Wong et al. (2013) considera que la cafeína es un agente atinutricional, conjuntamente los taninos y polifenoles (que también son constituyentes de la cáscara de café). En el extracto líquido de la cascará de café, los niveles de cafeína disminuye en un 57%; sin embargo, pese a la disminución presentada, el extracto de cascarilla de café presenta una concentración muy superior (0,30 g/100g) a la de una bebida energizante (p.ej. red bull: 0,03 g/100g) (Terán, 2020). Al respecto, se requiere profundizar la investigación para establecer mecanismos alternativos para disminuir, extraer (o detoxificar) la cascara de café y promover su aprovechamiento como subproducto.

## Potencialidades de aprovechamiento

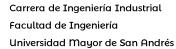
Está claro que los residuos o desechos sólidos industriales y agrícolas han ido promoviendo aspectos ambientales cuya incipiente gestión están generando diversos impactos en el medio ambiente. El sector cafetalero, no es la excepción ya que, el residuo de café es uno de los materiales de desecho de mayor importancia en la agricultura, que se genera en un 80.0% durante el despulpado de

café maduro. Su acumulación en el entorno ocasiona graves problemas de contaminación de suelos y mantos freáticos (Pérez, *et al.* 2013)

Hasta la actualidad, ha crecido el interés sobre los subproductos en base a los residuos del café (entre ellos la pulpa), aunque la necesidad de investigaciones concretas incrementa ya que la pulpa es uno de los subproductos del beneficio del café más importante por el volumen que representa, al constituir el 40% del peso húmedo de la cereza de café, ya que se genera en grandes cantidades. Todo esto unido a su contenido en cafeína, taninos y polifenoles, hacen que este material constituya un residuo tóxico para el ambiente (Figueroa-Hernández, Pérez-Soto, Godínez-Montoya, 2017).

Por los resultados de las propiedades analizadas en éste documento, se abre una portal para la investigación en materia de obtención de productos en la industria de alimentos desde un punto de vista biotecnológico para obtener metabolitos (enzimas pectolíticas) o como enriquecidos proteicos para la alimentación animal. Sin embargo, el empleo directo de estos residuos para consumo animal no ha sido posible debido a los factores antinutricionales causados por los taninos y la cafeína (Figueroa-Hernández, Pérez-Soto, Godínez-Montoya, 2017), aunque en bajas proporciones brinda propiedades benéficas al animal que lo consume (Wong, et al. 2013). Algunos autores citados, establecen que la pulpa del café puede reemplazar hasta un 20% de los concentrados comerciales en la alimentación del ganado lechero, sin efectos perjudiciales, incluso con altos niveles de ahorro económico. Sin embargo, algunos autores como Rathinavelu y Graziosi (2005), señalan que el hecho de que la pulpa del café contenga cafeína no la hace inutilizable como pienso animal; con el drenaje de la pulpa, inoculación con aditivos comerciales de ensilaje y envase en forros de plástico dentro de contenedores de reciclaje, puede consequirse alimento animal excelente, adecuado para forraje de ganado, que puede traer ingresos suplementarios fuera de temporada.

Aunque los datos obtenidos en la investigación son muy discretos, apoyados en percepciones de diferentes autores, se percibe la necesidad de investigaciones para la caracterización de los polisacáridos estructurales (carbohidratos de mayor o menor complejidad); así mismo es necesario estudiar evaluar su potencialidad como material sólido para la obtención de extractos crudos pectolíticos (enzimas pectolíticas). Al respecto, otra arista de investigación en ésta temática debe



orientarse al aprovechamiento de los nutrientes de éste subproducto (cascara de café), a través de estudios concretos para la identificación y su acción antifisiológica, más aún cuando se conoce que éste subproducto ya es de consumo humano (p.ej sultana en Bolivia) y, que existen algunas iniciativas con proyecciones a su futuro su aprovechamiento.

Por otro lado, al tratarse de residuo orgánico (cascará de café), una opción para su aprovechamiento es el compostaje; de hecho, los sólidos de la pulpa del café, son una buena fuente de humus y de carbono orgánico (Rathinavelu y Graziosi, 2005). En este sentido, la pulpa del café posee características idóneas para el proceso de compostaje, ya que contiene un alto contenido de azúcares (fuente energética), una buena relación carbono: nitrógeno y un tamaño de partícula adecuado (Pierre, 2009), por lo que es una alternativa ambiental y económicamente viable como material procesado en la producción agrícola (Pérez, 2013).

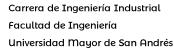
Asimismo, Wong, et al (2013), señala que los residuos del café son ricos en celulosa y hemicelulosa los cuales podrían ser empleados para la producción de diversos tipos de papel o materiales prensados. El mismo autor señala que se realizaron estudios en donde analizaron y compararon las características químicas de la pulpa de café, como materia prima para la elaboración de papel, que el producido con la corteza de otras especies, obteniéndose resultados satisfactorios por las propiedades de adhesión, formación y aglutinación de fibras de la pulpa de café, similares a la alta calidad del producto a partir de corteza del árbol. Asimismo, considerando que la cáscara del café tiene un alto contenido de lignocelulosa podría utilizarse como combustible para el mismo proceso de secado del café, o secado de productos no alimentarios como la madera, desechos orgánicos, desechos agrícolas, otros.

Algunos autores afirman que es posible la obtención de productos de alto valor añadido, como etanol; e incluso para la elaboración de bebidas alcohólicas o refrescantes, en cuyo caso la cafeína no supondría un problema, ya que se añade con frecuencia a las bebidas refrescantes, energizantes, como también hay licores fuertes conocidos a base de café.

## 6. Conclusiones.

Con los resultados obtenidos en la presente investigación, la revisión bibliográfica sobre la temática y el análisis realizado, se puede obtener las siguientes conclusiones:

- Los resultados de los parámetros analizados reflejan posibles e importantes potencialidades de la cáscara del café, ya sea en su estado sólido o como el extracto líquido del mismo.
- Los resultados obtenidos en el análisis de cenizas revelan algunas pautas sobre el importante contenido de minerales (en el componente inorgánico) de las variedades de café utilizadas en la investigación.
- Se refleja un importante valor energético en la cascarilla de café seca, comparable incluso con algunos alimentos esenciales; mientras que el valor energético del extracto de la cascarilla de café es comparable con la composición de bebidas consumo habitual.
- El porcentaje de proteína obtenido, tanto en cáscara sólida como en extracto líquido, se encuentra dentro del rango establecido en investigaciones relacionadas, aunque la calidad de la proteína variará dependiendo del número y de la cantidad de aminoácidos esenciales que aporte
- Los Carbohidratos Totales y la Grasa Total, se encuentran muy por debajo de los valores considerados como referenciales; no ocurre lo mismo con los valores obtenidos para la Fibra Total que muestra un importante resultado, siendo probablemente una potencial fuente dietaria, aunque se reduzca en un 97% en el extracto líquido.
- Los resultados obtenidos en la cáscara sólida de café, muestran una concentración importante de ácido ascórbico, disminuyendo drásticamente en el extracto líquido, llegándose a retener solamente el 14,8 %.
- Los valores obtenidos de Calcio y Hierro son cuantitativamente altos, si se compara con los valores referenciales y con valores en alimentos de origen vegetal. La retención de calcio en el extracto líquido es menor que la retención de hierro.
- El valor de cafeína obtenido en la cascarilla de café, representa casi la mitad del promedio de los valores referenciales, de manera somera, significaría una ventaja ya que la cafeína es considerada por algunos investigadores como un agente antinutricional. En el extracto líquido de la cascará de café, los niveles de cafeína disminuye en un 57%; pese a ello, representa una



concentración superior a la de una bebida energizante convencional.

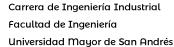
- Por los resultados obtenidos en ésta investigación, se abre una portal para la investigación en materia de obtención de productos en la industria de alimentos desde un punto de vista biotecnológico; y aunque los datos obtenidos en la investigación son muy discretos, se percibe la necesidad de profundizar o incursionar en investigaciones para la caracterización de los polisacáridos estructurales y la evaluación de su potencialidad como material sólido para la obtención de extractos crudos pectolíticos. Otra arista de investigación en ésta temática debe orientarse al aprovechamiento de los nutrientes de éste subproducto, a través de estudios concretos para la identificación y su acción antifisiológica, más aún cuando se conoce que éste subproducto ya es de consumo humano.
- Es posible su aprovechamiento es el compostaje; ya que la cáscara de café es una fuente importante de humus y de carbono orgánico.
- En general, los residuos del café son ricos en celulosa y hemicelulosa los cuales podrían ser empleados para la producción de diversos tipos de papel o material prensado. Asimismo, considerando que la cáscara del café tiene un alto contenido de lignocelulosa podría utilizarse como combustible para el mismo proceso de secado del café, o secado de productos no alimentarios.
- Asimismo, es posible la obtención de productos de alto valor añadido, como etanol; e incluso para la elaboración de bebidas alcohólicas, refrescantes o energizantes.
- Para una valoración más objetiva de las potencialidades de la cáscara del café, es importante ampliar y profundizar esta investigación con la medición y análisis de otros parámetros que caracterizarían éste subproducto del café de manera más amplia e integral; asimismo, es importante considerar como muestras, otras variedades de café, además de ensayar con diferentes cantidades de cáscara sólida para obtener diferentes extractos líquidos.
- Es importante la colaboración interdisciplinaria con otras Facultades e Institutos de Investigación para obtener resultados y propuestas objetivas y con mayor proyección de aplicabilidad.
- Oportunamente deberá realizarse un análisis detallado de la viabilidad técnica, económica y los impactos sociales y ambientales de las tecnologías involucradras en el aprovechamiento de la cáscara de café.

# 7. Agradecimientos

- Los análisis laboratoriales realizados, fueron financiados por el Instituto de Investigaciones Industriales (IIIFI) de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería (UMSA), cuya Dirección y personal administrativo han mostrado un compromiso importante.
- Las muestras de material vegetal (cáscara de café), provienen del germoplasma de café de la Estación Experimental de Sapecho, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y de Recursos Naturales (IIAREN) de la Facultad de Agronomía (UMSA).

# 8. Bibliografía

- Braham, J. E.; Bressani, R. (1978). Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. 1 Ed. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala CIID IDRC - 108s
- 2. Esquivel, P. y Jiménez, V. M. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products. Food Research International, 46, 488-495.
- 3. Figueroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., Godínez-Montoya, L. 2017. La producción y el consumo del café. Ecorfan-Spain.
- 4. Fonseca, F. et al. 2011. "Biomass briquetting and its perspectives in Brazil". Biomass and bioenergy. Vol. 35, 236-242.
- Gómez, A., Klose, W., Rincón, L., Wolfgang Wiest. 2004. "Transformación termoquímica de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma: tecnologías y perspectivas". Revista Palmas, Vol. 25 (especial). 388-397.
- 6. Jiménez, A., Cervera, P. y Bacardí, M. 2012. Tabla de Composición de Alimentos. Novartis Medical Nutrition.
- 7. López Barrera, Dunia María. 2014. Composición química y nutracéutica del residuo sólido del café (Coffea arabica L) utilizado y la actividad de los productos de su fermentación colónica in vitro en un modelo de inflamación. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Manals-Cutiño, E., Salas-Tort, D., Penedo-Medina M. 2018.
   Caracterización de la biomasa vegetal "cascarilla de café".
   Characterization of vegetable biomass coffee hus. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.



- MDRyT. 2013. Resultados del Censo Nacional del café 2011-2012.
   Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia.
- MDRyT, 2019. Programa Nacional de Fomento de la Caficultura a Nivel Nacional, Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.
- 11. Muñoz, D.F., Noguera, M. 2016. Evaluación de las propiedades físicas y factores de conversión de café variedad castillo y colombia (coffea arabica I.) durante el proceso de beneficio y trilla, a diferentes alturas sobre el nivel del mar en fincas cafeteras del Municipio de Colon, Departamento de Nariño, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Programa de Ingeniería Agroforestal CEAD San Juan de Pasto.
- 12. Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., y Teixeira, J. A. 2011b. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. Food Bioprocess Technology, 4, 661–672.
- Murthy, P. S. y Madhava Naidu, M. 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition-A review. Resources, Conservation and Recycling, 66, 45-58
- 14. Pérez, L., Chávez, K., Medina L., Gámez N. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies Coffea arabica y Coffea canephora. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud (Biotecnia). Volumen XV, Número 1. Universidad de Sonora.
- 15. Pierre F., Rosell M., Quiroz A. 2009. El compostaje de la pulpa del café como alternativa para los caficultores. INIA HOY.
- 16. Rathinavelu, R. y Graziosi, G. 2005. Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café, ICS-UNIDO, Science Park, Padriciano, Trieste, Italia; Departamento de Biología de la Universidad de Trieste.
- 17. Sánchez, D., Anzola C. 2012. Caracterización Química de la Película Plateada del Café (Coffea Arábica) en Variedades Colombia y Caturra. Rev. Colomb. Quím. 41(2): 211-226.
- 18. Serna, J. A.; Torres, L. S.; Martínez, K. y Hernández, M. C. 2018, Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos, Programa académico de Ingeniería Agroindustrial Universidad la Gran Colombia, Colombia.
- 19. Terán, T. 2020. Análisis comparativo de algunas propiedades del residuo del café (cascarilla) desde una perspectiva de la Economía Circular. 2

- Ed. Tópicos de Investigación. Instituto de Investigaciones Industriales UMSA. La Paz, Bolivia.
- 20. Valero, T., Rodríguez, P., Ruíz E., Ávila J., Varela G. 2018. La alimentación española características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. 2 Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. Madrid
- 21. Wong J., Guyot S., Rodríguez R., Gutiérrez G., Contreras J., Saucedo G., Aguilar C. 2013. Alternativas Actuales para el Manejo Sustentable de los Residuos de la Industria del Café en México. Volumen 5, No 10. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Acta Química Mexicana (AQM).



# CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ACREDITADA AL SISTEMA ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INDUSTRIALES



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMAZÓNICAS



INSTITUTO NACIONAL UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL



UNIDAD DE POSGRADO INDUSTRIAL



UNIDAD DE SISTEMAS INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIDAD DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

